

25X1

**Page Denied**

Next 1 Page(s) In Document Denied

**Ing. Mst. J. Sedláček, Dr. G. Šišková, VŠTT**  
**Lektor: Prof. Ing. Dr. J. Sedláček**

Statistické metody regulace výroby. Statistická kontrola průběhu výroby. Statistické příklady ze strojírenství a metalurgie.

**Úvod**

Tímto článkem navazujeme na pojednání Dr. F. Sedláčka „Metody matematické statistiky v průmyslu a strojírenství“, uveřejněný v časopise „Za socialistickou vědu a techniku“ 2/1, 1955 [1]. Uvádíme zde konkrétní příklady aplikace jednotlivých metod matematické statistiky s nádezem strojírenství, a to hlavně v technické kontrole.

**Statistické metody regulace výroby**

Uplatnění je v aplikaci statistických metod ve výrobních provozech hromadné a seriové výroby, mají nejvyšší hospodářský význam statistické metody regulace výroby. Statistickou regulací výroby rozumíme řízení výrobního pochodu s pomocí statistické kontroly v průběhu vlastní výroby; její hlavní funkce spočívá v zjišťování a odstraňování takových vlivů, které jsou, nebo v určitých okamžicích mohou být, hlavní příčinou vzniku zmetků. Poněvadž využitím statistické regulace lze včas odhalit rušivý vliv ve výrobě, stává se statistická regulace spolutvorem jakosti, v čemž lze spatřovat její velký hospodářský přínos.

Statistickou regulací výroby lze stručně charakterizovat takto:

Provádí se pravidelně výběrová kontrola stálého vzorku a součástí přímo u výrobního zařízení. Na základě výsledků této kontroly se zjistí výběrové charakteristiky [1], které vezmeme za ukazatele jakosti výrobního procesu a zaznamenejme do regulačního diagramu. Podle polohy výběrových charakteristik (které se řídí určitými zákony) vzhledem k předem stanoveným regulačním mezím, se usuzuje, zda výrobní proces probíhá podle technologických předpisů, či zda výběrovými charakteristikami, které se pozorují při kontrole měření, mohou být buď jednotlivé měření, naměřené ve výběru o rozsahu  $n$ , nebo nějaká funkce. Uvažujme na př. výběrovou kontrolu průběhu křivky pro ložiska při rozsahu výběru  $n = 5$ . Pokud máme hodnoty naměřené v  $j$ -tém výběru a seřazené v rostoucím pořadí velikosti  $x_{1j} \leq x_{2j} \leq x_{3j} \leq x_{4j} \leq x_{5j}$ ; jejich výběrové charakteristiky pak zpravidla bereme:

**(1) Maximální hodnoty:**

$$x_{(n)} = x_{(5)} = x_{5j}$$

**(2) Maximální a minimální hodnotu ve výběru:**

$$x_{(n)} - x_{(1)} = x_{(5)} - x_{(1)} = x_{5j} - x_{1j}$$

**(3) Průměrný průměr:**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + x_{4j} + x_{5j})$$

**(4) Průměrný medián (t. j. prostřední hodnotu, jsou-li naměřené hodnoty seřazeny podle velikosti):**

$$\tilde{x}_j = x_{3j}$$

**(5) Rozsah odlišky od mediánu při seřazených hodnotách:**

$$d_1 = x_{(n)} - \tilde{x}_j = x_{5j} - x_{3j}$$

$$d_2 = \tilde{x}_j - x_{(1)} = x_{3j} - x_{1j}$$

**(6) Výběrová rozpětí:**

$$R_j = x_{(n),j} - x_{(1),j} = x_{5j} - x_{1j}, \text{ atd.}$$

Při kontrole prováděním (t. j. kalibrem, při vzhledové kontrole atd.), kdy jsou výrobky nebo součásti třídné na dobré a vadné, bereme za výběrové charakteristiky:

(1) počet vadných  $a_j$  v  $j$ -tém výběru o rozsahu  $n$ ;

(2) podíl vadných  $p_j = \frac{a_j}{n}$  v  $j$ -tém výběru;

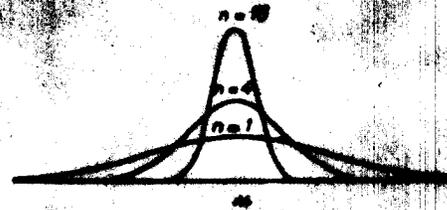
(3) počet vadných nad horním mezním rozměrem  $x_j^+$  a pod dolním mezním rozměrem  $x_j^-$ ;

(4) součet a rozdíl vadných  $x_j^+$  a  $x_j^-$ , tedy

$$x_j = x_j^+ + x_j^-$$

$$r_j = x_j^+ - x_j^-, \text{ atd.}$$

Na základě předpokladů, o jejichž splnění se lze při kontrole určitě jakostní vlastnosti (na př. délky válečků) vždy přecvičdit, všechny tyto výběrové charakteristiky se řídí zcela určitými zákony pravděpodobnosti. Na př. za předpokladu, že při vyhovujících výrobních podmínkách délka válečků se řídí normálním zákonem s průměrem  $\mu$  a směrodatnou odchylkou  $\sigma$



Obr. 1

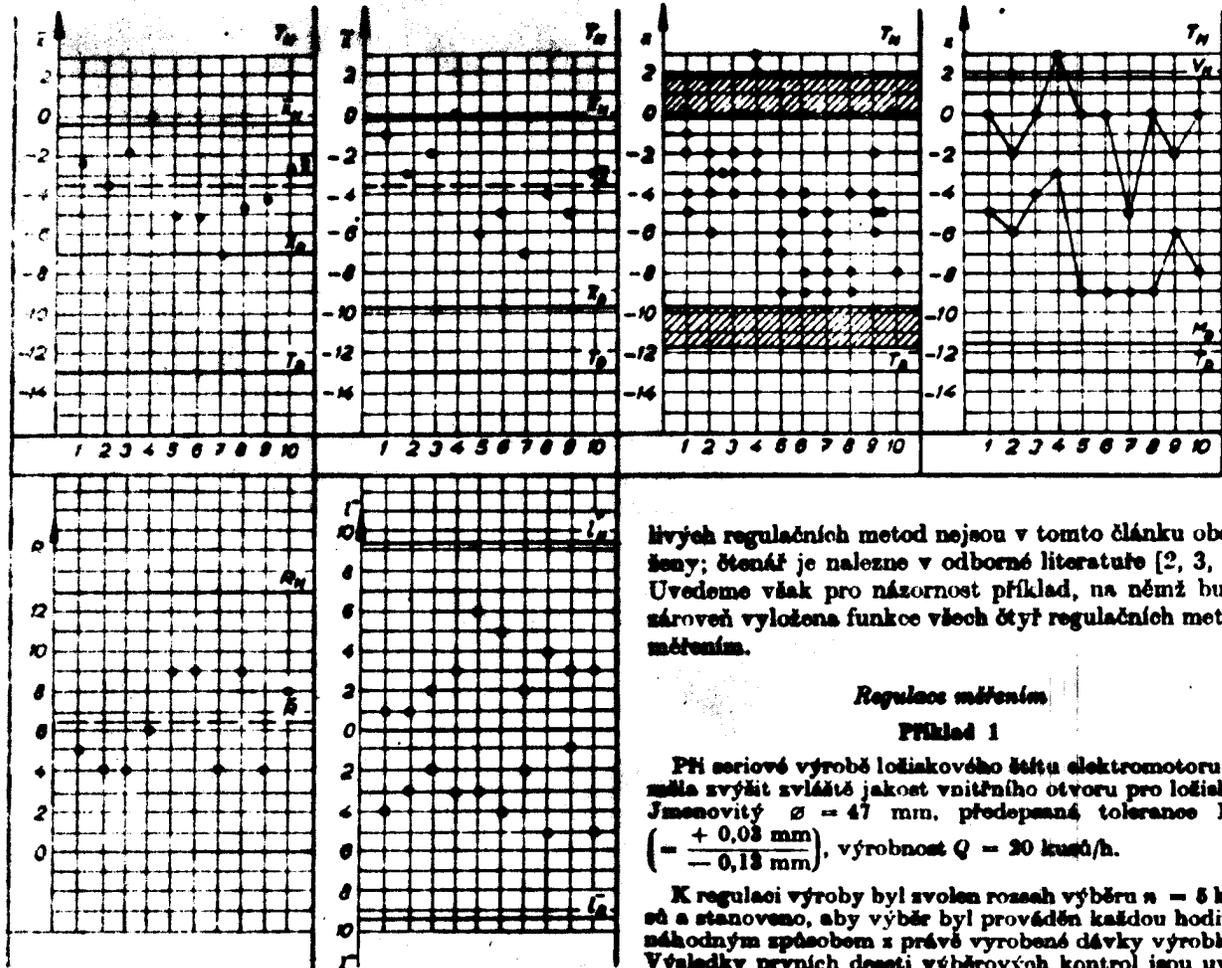
(viz obr. 1, křivka pro  $n = 1$ ), je známo, že průměrné délky vypočtené vždy z výběru o rozsahu  $n$  mají rovněž normální rozdělení s průměrem  $\mu$ , ale se směrodatnou odchylkou  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  [1] (viz obr. 1, křivky pro  $n = 4$

a  $n = 16$ ). Lze proto najít takové meze kolísání každé výběrové charakteristiky, jejichž překročení odhaluje přítomnost rušivého vlivu ve výrobní operaci a tudíž nebezpečí vyšší zmetkovitosti.

Podle toho, kterou z charakteristik pro regulaci volíme, mluvíme o těchto regulačních metodách:

**A. Regulační metody při kontrole měření:**

1. regulace metodou (F, R), při níž je průběh operace sledován dvěma již uvedenými výběrovými charakteristikami (3) a (6);



Obr. 2

2. regulace metodou ( $\bar{x}$ ,  $1^+$ ,  $1^-$ ), při níž se používá výběrových charakteristik (4) a (5);

3. regulace metodou individuálních hodnot, při níž je použito k informaci o průběhu operace jednotlivých naměřených hodnot [viz (1)];

4. regulace metodou ( $M_{ax}$ ,  $M_{in}$ ), při níž se používá výběrových charakteristik (2).

Poznamenejme, že všechny tyto metody regulace měřením ve své obvyklé formě předpokládají, že sledovaný rozměr nebo jiná jakostní vlastnost má normální rozdělení.

**B. Regulační metody při kontrole srovnávaním:**

1. regulace z-metodou, kdy informace o průběhu operace získáváme počtem zmetků ve výběru [viz (7)];

2. regulace p-metodou, kdy informace o průběhu operace získáváme pomocí podílu zmetků ve výběru [viz (8)];

3. regulace tříděním do tříd (+), (0), (-), kdy za ukazatel jakosti берeme výběrové charakteristiky, počet zmetků  $z^+$ , počet zmetků  $z^-$  a počet výrobků vnířní toleranci  $n_1 = n - z^+ - z^-$  [viz (9)].

4. regulace metodou (s, r), kde za ukazatele jakosti берeme výběrové charakteristiky s a r [viz (10)].

Výpočty regulačních mezí a jiné podrobnosti jednot-

livých regulačních metod nejsou v tomto článku obsaženy; čtenář je nalezne v odborné literatuře [2, 3, 4]. Uvedeme však pro názornost příklad, na němž bude zároveň vyloučena funkce všech čtyř regulačních metod měřením.

**Regulace měřením**

**Příklad 1**

Při seriové výrobě ložiskového šáftu elektromotoru se má zvýšit zvlášť jakost vnitřního otvoru pro ložisko. Jmenovitý  $\varnothing = 47$  mm, předepsaná tolerance K6 ( $+0,03$  mm,  $-0,13$  mm), výrobnost  $Q = 20$  kusů/h.

K regulaci výroby byl zvolen rozsah výběru  $n = 5$  kusů a stanoveno, aby výběr byl prováděn každou hodinu náhodným způsobem z právě vyrobené dávky výrobků. Výsledky prvních deseti výběrových kontrol jsou uvedeny v tab. 1 v setinových dechykách od jmenovité hodnoty.

Na základě příslušných pěti výsledků v každém výběru jsou uvedeni v dolní polovině tabulky hlavní výběrové ukazatele, které sledujeme při různých obměnách regulačních diagramů (viz obr. 2a, b, c, d).

Regulační meze pro výběrové průměry a rozpětí jsou v obr. 2a, pro výběrové mediány a krajní odchylky od mediány jsou v obr. 2b a pro výběrové maximální a minimální hodnoty v obr. 2d. Všechny tyto meze jsou vypočteny z naměřených hodnot v prvních deseti výběrech pomocí součinitelů udaných v tabulkách [2, 3, 4]. Dokud všechny výběrové charakteristiky nepřekročí regulační meze, soudíme, že výroba probíhá normálně; překročila-li výběrová charakteristika regulační mez, je to znamením, že působí rušivý vliv ve výrobě a že je nebezpečí větší zmetkovitosti. Regulační diagram pro individuální hodnoty v obr. 2c nemá regulační meze v běžném slova smyslu, nýbrž má dvě regulační pásma, vymezená rovnoběžkami s tolerančními mezemi, které pro  $n = 5$  jsou od nich ve vzdálenosti 0,07 T a 0,21 T, kde T je šířka tolerančního pole. V každém z těchto pásem smí ležet nejvýše po jednom výsledku měření. Padnou-li do některého pásma dva nebo více výsledků měření, nebo leželi třeba jen jeden z výsledků vně těchto pásem, lze mít na to, že ve výrobě působí rušivý vliv, který ohrožuje jakost výrobků, vycházejících z kontrolované operace.

Ukazatel	Datum	16. 2. 1955							16. 2. 1955			
		Potahové číslo výběru							Potahové číslo výběru			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Hodina kontroly	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	
c	Naměřené hodnoty ve výběru	1	-2	-3	-4	-3	-2	-3	-7	-3	-3	-3
		2	0	-4	-2	+3	-4	-3	-5	0	-3	-3
		3	-1	-3	-3	+2	0	-4	-3	-3	-3	0
		4	-4	-4	0	-2	-7	-5	-3	-3	-4	0
		5	-5	-3	0	0	-3	0	-3	-4	-3	-3
a	Součet $S_i$	-12	-18	-9	0	-28	-26	-35	-24	-23	-14	
	Průměr $\bar{x}_i$	-2,4	-3,6	-1,8	0	-5,6	-5,2	-7	-4,8	-4,6	-2,8	
	Rozpětí $R_i$	+5	+4	+4	+6	+9	+9	+4	+9	+4	+6	
d	Maximální hodnota $x_{max,i}$	0	-2	0	+2	0	0	-5	0	-2	0	
	Minimální hodnota $x_{min,i}$	-5	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
	Medián $\bar{z}_i$	-3	-3	-3	0	-3	-3	-7	-4	-3	-3	
b	Odhylka kladná $l_j^+$	+2	+1	+2	+2	+6	+5	+2	+4	+3	+3	
	Odhylka záporná $l_j^-$	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-1	-5	

Jak vidíme z tab. 1 a obr. 2c, leží výsledky čtvrté výběrové kontroly ve vzdálenosti  $-3$  až  $+3$  od jmenovitého rozměru, čili jsou posunuty směrem k vyšším rozměrům; nepřekročí však horní mezní rozměr  $T_H = +3$ . Otázkou, zda toto posunutí ohrožuje jakost výrobky, těžko zodpovíme bez objektivních kritérií, které nám poskytují výše popsané regulační metody. V případě výběrových ukazatelů  $\bar{x}$ ,  $\bar{z}$  a  $x_{max}$  vidíme, že horní regulační mez je překročena, což znamená, že je nutno hledat příčinu zhoršení výrobních podmínek a dát předtídit celou hodinovou dávku, z které byl čtvrtý výběr vybrán. V případě metody individuálních hodnot leží dvě hodnoty v horním regulačním pásmu a jedna hodnota dokonce úplně mimo toto pásmo. Tato metoda proto vede ke stejnému závěru jako ostatní metody regulace.

Regulace měřením byla v ČSR od roku 1950 aplikována již v celé řadě závodů s velmi dobrými výsledky; v dalším uvádíme některé příklady:

Metody ( $\bar{x}$ ,  $R$ ), která je nejpřesnější, ale také nejpracnější, se u nás používá poměrně málo. Bylo jí použito na př. při tažení gumových desek pro izolaci vodičů v kablovárnách.

Metoda ( $\bar{x}$ ,  $T$ ,  $I$ ) byla u nás prakticky vyzkoušena teprve v roce 1954. Ukázalo se, že se účinností téměř vyrovná metodě ( $\bar{x}$ ,  $R$ ), přičemž zcela odpadá v provozu nerušené obtížné počítání charakteristiky  $\bar{x}$ . Bylo by možné zavést tuto metodu do strojírenských závodů v širším měřítku. Dosud se uplatnila při regulaci výroby textilních jehel a zubolékařských vrtáček.

Metoda individuálních hodnot se s dobrými výsledky uplatnila ve výrobě písních kroužků a v kablovárnách při lesování olověného pláště kabelů. (Jen v jednom závodě bylo regulací tloušťky olověného pláště dosaženo přes milion korun ročních úspor na olovu.)

Metody ( $Max$ ,  $Min$ ) se v našich závodech používá nejvíce. Je to především pro její jednoduchost, neboť nevyžaduje žádných početních operací. Byla s úspěchem uplatněna při výrobě buřáček, kulicových kuliček, textilních jehel, v kablovárnách a j.

Z obr. 3 je zřejmé, jak regulační metody pomáhají zajistit rovnoměrnost průběhu výrobních operací. Na počátku regulace dochází vlivem nesprávného srovnání k častým překračováním regulačních i tolerančních mezí. Postupně se však stav zlepšuje, až operace probíhá (již druhý den) správně po celou směnu.

#### Regulace srovnávacím

Z regulačních metod při kontrole srovnávacím jsou nejpřesnější metody B1 a B3. Uvedeme příklad a výsledky dosažené regulační metodou B3.

#### Příklad 2

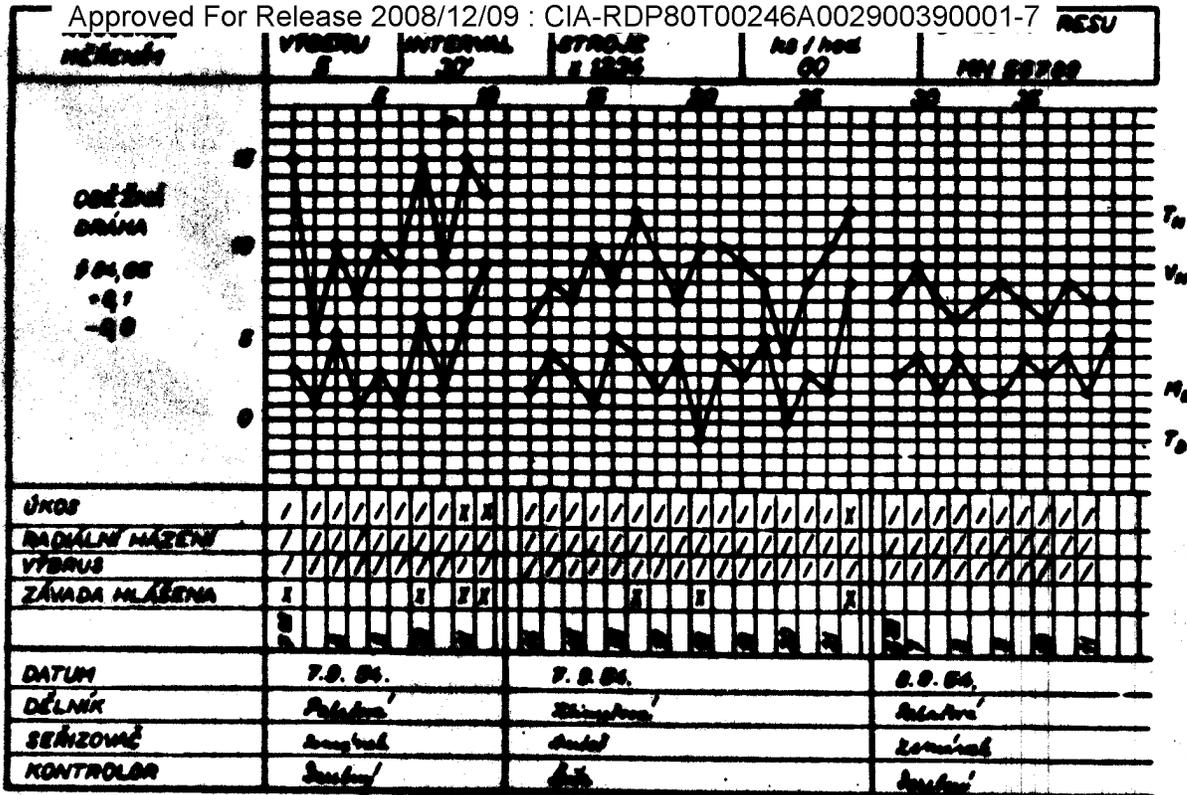
Při soustružení valivých tělísek do kolečka na pětiválcovém pneumatickém vrtáku se nedostatek technické navržení statistická kontrola srovnávacím. Každé kontrolorce bylo přiděleno 10 strojů, které měla obejít jednou za půl hodiny. Překontroluje vždy u pěti posledních vyrobených tělísek průměr s pomocí hantky a délku pomocí mezního kalibru. Potom rozřídí tělíska podle toho, je-li jejich rozměr

1. v toleranci,
2. pod dolním mezním rozměrem,
3. nad horním mezním rozměrem.

Výsledky kontroly sanese kontrolorka do diagramu tak, že rozměry podle (3) označí „+“, rozměry podle (2) označí „-“ a rozměry v toleranci označí kroužkem (viz obr. 4). Na počátku zavedení této kontroly byla výroba považována za vyhovující (a proto nebylo třeba žádného stáhu), jestliže byly v toleranci buď 4, nebo všechny kuličky, jak vzhledem k průměru, tak vzhledem k délce. Jestliže byly jen 3 vyhovující kuličky ve výběru ať vzhledem k průměru, nebo vzhledem k délce, pak byla výroba považována za nevyhovující a bylo nutno znovu sestřít stroje. Nevyhovující dávka, t. j. kuličky vyrobené od poslední kontroly, musly být překontrolovány stoprocentně. Po zavedení tohoto způsobu bylo možno splnit kontrolu tím, že se považovala výroba za vyhovující pouze tehdy, bylo-li všech pět kuliček jak vzhledem k průměru, tak vzhledem k délce v toleranci.

#### Přibližný rešený výrobních podmínek

Dříve než se přistoupí k zavedení statistické regulace výroby je nutno důkladně rešeršovat výrobních podmínek.



Ob. 3

Při obrábění je rozbor přičinlivosti výrobního selhání zaměřen na odhalování náhodných a systematických výrobních chyb vzhledem ke konstrukčním tolerancím a k procentu opravitelných a neopravitelných vad. Důležitým cílem rozboru přičinlivosti výrobního selhání je ověření schopnosti stroje dodržet předepsanou toleranci; v klasickém případě stanovení optimálního rozměru, na který má být stroj seřizován a v závažných případech poskytnutí podkladů pro technologické opatření (revize tolerancí, přidání další operace atd.).

Ve známém počtu strojírenských závodů (zejména ve výrobě jazyčkových jehel, píšťalích kroužků, velkých ložisek, turbínových lopatek, zubotřáskových strojů, v kablových a j.) přinesly především revize výrobních podmínek oznámí poznatky pro zlepšení technologie výroby, dříve než se začalo se zaváděním statistické regulace jakosti.

**Důvodní skutečnost**

Závěrem tohoto odstavce, pojednávajícího o statistických metodách regulace, je nutno podotknout, že s rozsahem použití těchto metod v našich závodech nemůžeme být plně spokojeni. U nás je totiž často ještě kladen hlavní důraz na kontrolu po směnách, a ne nejlepší kontrolu dobré jakosti je pohledána oteprocentní kontrola s odtupem nejméně 24 hodin po výrobě. Tento pasivní způsob kontroly není schopen zabránit zbytečným hromadným stávkám, ke kterým občas dochází v každé hromadné nebo velkovýrobové výrobě. Uvědomíme-li si tyto stráty v celostátním měřítku, jsou to jisté stráty nemalé a přitom s velkou částí zcela zbytečné, které by se vhodnými regulačními metodami daly snadno odstranit. Příkladem je závod na výrobu

velkých ložisek, kde náhodou statistická regulace výroby byla v jednom středisku uplatněna na 9 měsíců v roce 1954 přes 1,2 mil. Kčs v porovnání s příslušným obdobím v roce 1953.

**Statistické výběrové přejímání postupy**

Při přejímání velkých dodávek výrobků, ať ve vstupní, výstupní nebo mezioperační kontrole, bývá častěji ověřeno na základě kontroly pouze části celé dodávky (výběr), zda-li jsou jakostní požadavky, kladené na dodávku jako celek, splněny, či nikoliv. Tyto požadavky bývají vyjádřeny buď ve formě předpisů přípustného procenta směrů, které smí obsahovat dodávka, aby mohla být ještě přijata, nebo ve formě tolerance pro uvažovaný měřitelný jakostní znak (na př. rozměr, tvrdost, chemické složení atd.). Zatím co jakostní předpisy bývají obsaženy v normách, v technických podmínkách nebo v hospodářských smlouvách, způsob sjišťování jakosti dodávek jako celku není často přesně formalizován. Při obvyklých způsobech výběrové přejímky bývá velikost výběru (t. j. počet výrobků odebraných ke kontrole) určována buď náhodně nebo jako konstantní podíl s celé dodávky (na př. 10 %). Takové výběrové přejímky nedávají povnou náhradu jakosti přejímaných dodávek a proto byly v posledních letech v četných strojírenských závodech nahrazeny výběrovými přejímkami, podloženými teorií počta pravděpodobnosti a náhodného výběru — t. sv. statistickými přejímkami. (Podrobný výhled statistických způsobů přejímání viz [2, 7].)

Statistické výběrové přejímání postupy jsou ještě realizovány ve strojírenství než statistické metody regulace výroby, neboť je lze uplatňovat i v závodech,

**Přejímka srovnáním**

V případě, že rozlišujeme kontrolované výrobky na dobré a zmetky (na př. kalibrus, srovnáním se vzorovým kusem a pod.), můžeme o přejímce srovnáním. Statistické způsoby přejímky srovnáním se pak rozlišují jednak podle počtu předepsaných výběrů na přejímku jedním, dvojnás nebo násobným výběrem, jednak podle postupu při zamítání dodávky na opravnou a besoprasvnou přejímku.

<b>PROBĚH</b> 0	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>DĚLKA</b> d	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>HODINA</b>	7 0 0 0	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>MINUTA</b>	30 30	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>ZAVADA HLÁŠENA</b>	X X	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>SERIZOVAC</b>	<i>Řehák</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>DĚLNÍK</b>	<i>Šustera</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>KONTROLOR</b>	<i>Handrichová</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>DATUM (SPĚNA)</b>	<i>1/12 24 1 2024</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Obr. 4

Při nejjednodušším způsobu, totiž přejímce jedním výběrem, se rozhodne o jakosti celé dodávky na základě výsledků kontroly jednoho výběru o předem stanoveném pevném rozsahu s výrobků. Je-li kontrolou zjištěn větší počet vadných výrobků než udává předepsané t. zv. rozhodné číslo c, dodávku zamítáme. V opačném případě dodávku přejímáme. Při zamítání dodávky lze buď stoprocentně kontrolovat celou dodávku — třeba na náklad dodavatele — (t. zv. opravná přejímka), nebo vrátit dodávku dodavateli zpět bez další kontroly (t. zv. besoprasvná přejímka). Doležka o tomto postupu bývá uvedena v hospodářské smlouvě.

Při stanovení t. zv. přejímacích čísel (a, c) přihlížíme především k požadované jakosti dodávky, k velikosti dodávky, k eventuelní znalosti průměrného procenta zmetků při výrobě dodávaného výrobku, k nákladnosti přejímacích zkoušek, k ceně výrobku, k výši škod, způsobených propuštěním vadné součásti na montáž atd. Při pevně stanovených hodnotách (a, c) lze pak určit podle počtu pravděpodobnosti t. zv. účinnost příslušného přejímacího postupu (vyjadřovanou opera- tivní charakteristikou). Tato účinnost vyjadřuje jednak risiko odběratele, že přijmeme někdy (někdy) dodávku s vyšším procentem zmetků než je ochoten připustit, jednak risiko dodavatele, že někdy (někdy) bude zamítnuta dobrá dodávka. U obvyklých výběrových pře- jímek tato rizika nebývají známa a jsou při různých

**Příklad 3**

Při přejímce pěti kusů výrobků, které docházejí v do- dávkách o rozsahu 5000 kusů, je požadavek odběratele vyjádřen přípustným procentem zmetků  $P_1 = 0,5 \%$  a nepřipustným procentem zmetků  $P_2 = 2 \%$ . Za před- pokláda, že nevyhovující dodávky se mohou dát k dis- pozici dodavateli (t. j. přejímka bude besoprasvná), sít- líme podle tab. 13 (3), že přejímací číslo jsou  $a = 423$  a  $c = 5$ . Při přejímce vybereme pak náhodně 520 kusů a srovnáme-li je. Naklepneme-li 5 nebo méně zmetků, dodávku přijmeme a máme uzavřeno s pravděpodob- ností 0,98, že dodávka neobsahuje více než 2 % zmetků. Naklepneme-li více než 5 zmetků, dodávku vrátíme do- dateli a srovnáme-li ji.

Při opravné přejímce, kdy odběratel je nucen stopro- centně zkontrolovat nevyhovující dodávky sám, při méně pře- jímacích čísel (a, c) bereme v úvahu požadavek, aby kontrolní náklady (t. j. náklady na kontrolu a výsledků ve výběru s dodávky N a na celou kontrolu výro- bích (N - a) výrobků tehdy, vede-li výběrová kon- trola k „zamítání“ dodávky) byly minimální.

Připustíme, že přejímací číslo jsou  $a = 700$ ,  $c = 10$ ,  $P_1 = 0,74 \%$ . Rozhodne  $P_2 = 0,74 \%$  udává určitou pře- měrnou očekávanou jakost; to znamená, kdybychom postupovali dleli dobu podle tohoto přejímacího postupu, že pak do výroby nepůjde více než 0,74 % zmetků. Výše uvedená přejímací čísla platí přibližně pro průměrnou docházecí jakost kusů, vyjadřovanou 1 % zmetků. Je-li nám známo na základě dleli doby kontroly, že průměrné procento zmetků v dodávkách určitého dodavatele je 0,5 %, pak lze zmenšit rozsah přejímací kontroly na  $a = 455$  a příslušnými čísla  $c = 5$ ,  $P_2 = 0,50 \%$ .

**Přejímka srovnáním**

Nejobvyklejší problém při přejímce srovnáním je ově- ření, zda sledovaná jakost vlastnost (na př. tenkost, elektrická povrchová atd.).

a) se dostatečně shoduje s předepsanou standardní hodnotou, nebo

b) neprovedl předepsanou toleranci (konkrétně dleli, či oboje).

Statistická přejímka srovnáním se až dosud méně uplatnila ve vstupních kontrolách než přejímka srovnáním hlavně proto, že vyžadovala poměrně složité výpočet výběrové směrodatné odchylky. V poslední době byla však odvozena přejímací kritéria, která jsou založena na výběrovém rozpětí a která jsou proto v praxi velmi jednoduchá, jak ukážeme na příkladě.

**Příklad 4**

Při přejímce smaltovaného drátu  $\varnothing 0,13$  mm se kon- troluje, zda tenkost vyhovuje předpisu, aby minimální tenkost byla  $P_2 = 15 \%$ .

Za jednotku v dodávce se považuje jedna cívka drátu. Zkoušky se provádějí na n vzorcích drátu odebraných s a cívky. Předpokládáme, že přípustné procento zmetků, které jsou ochotni ještě přijmout, je  $P_1 = 10 \%$ . Vy- sledky zkušebků na 10 vzorcích s jedné dodávky jsou:

15,6 %	14,6 %
17,1 %	15,3 %
16,0 %	16,0 %
16,5 %	17,7 %
17,1 %	16,9 %

Průměry  $\bar{x}_1 = 16,44 \%$ ,  $\bar{x}_2 = 16,78 \%$ ,  $S = 10,01 \%$   
 Rozpětí  $R_1 = 1,5 \%$ ,  $R_2 = 3,0 \%$ ,  $\bar{N} = 2,25 \%$   
 kde výsledek jsou seskupeny naměřené do dvou skupin po pěti. Vypočítáme celkový průměr  $\bar{N} = 16,01 \%$  a dvě rozpětí  $R_1 = 1,5 \%$ ,  $R_2 = 3,0 \%$  s průměrem  $\bar{N} = 2,25 \%$ .

$$\frac{10,6}{3,25} = 15 \quad \frac{1,61}{3,25} = 0,495$$

hodnota je větší než hodnota  $t_{\alpha} = 0,29$  (viz tabulka v [8] pro  $P_1 = 10\%$  a pro počet zkoušek  $n = 45$ ), výsledky jsou rozděleny do dvou skupin podle toho, jaké příjme.

Výsledky přímějšího přejímacího předpisu, který stanovuje přípustné procento zmetků  $P_1 = 10\%$  nalezeme v tabulce uvedené v lit. [8] příslušnou hodnotu  $t = 1,01$ . Jelikož zjištěná hodnota  $t = 0,495 < 1,01$ , dodávka se zamítá.

#### Dosavadní zkušenosti

Na základě statistické přejímky se nyní přejímá velké množství součástí a výrobků ve strojírenských závodech, hlavně spojovací materiál (šrouby, matky, špičky atd.), lakelitové výrobky různých druhů, valivá ložiska, texturní a jiné jehly, smaltované vodiče atd. Hospodářský efekt statistických přejímek vyplývá ze dvou hlavních pramenů:

a) soustavnou kontrolou a reklamací vadných dodávek je dodavatel postupně „vychován“ k výrobě a k dodávání jakostnějších výrobků;

b) nutnost stoprocentního třídění dodávek je omezena na hospodářské minimum, což snižuje náklady na vstupní kontrolu, aniž by byla ohrožena výroba ztrátami z nejakostního výchozího materiálu nebo součástí.

Příkladem je jeden závod na výrobu obráběcích strojů, kde zavedením statistické přejímky polotovárů na valivá ložiska se zlepšila jakost dodávek během několika měsíců průměrně od 5 % zmetků na 0,5 % zmetků a snížením počtu kontrolních sil postupně ze čtyř až na jednu se ušetřilo 20 000 Kčs.

Klademe velký důraz na vzájemné dohody o statistické přejímce mezi odběratelem a dodavatelem nebo mezi výrobou a distribucí. V několika případech takové dohody vedly k vyrovnání dlouhotrvajících sporů o reklamčních řízeních.

Dobré výsledky dosažené při zavádění statistických přejímacích způsobů v praxi zvýšily zájem některých normalizačních útvarů ministerstva strojírenství i ústředního normalizačního úřadu o včlenění statí o statistické přejímce do technických podmínek a státních norem.

#### Některé základní problémy přejímek

V oboru funkčních zkoušek sdělovacích kabelů vznikl problém, jak správně stanovit tolerance pro střední a maximální hodnoty kapacitních a magnetických vazeb při daných požadavcích na výrobu těchto kabelů. Řešení problému se opíralo o teorii rozdělení jednotlivých hodnot a výběrových středních a maximálních hodnot pro kapacitní a magnetické vazby. Byl vypracován obecný postup, podle kterého mohou techničtí pracovníci v závodě sami stanovit správné tolerance i pro jiné konstrukce sdělovacích kabelů.

Důležitým oborem aplikace matematické statistiky je vypracování t. zv. „zprášených“ zkoušek, podle kterých lze stanovit přejímací postup pro takové dodávky, kde zkoušky mají povahu destruktivní, a přejímací podmínky, kladené na dodávku, jsou velmi přísné. To znamená, že dodávka smí obsahovat velmi malé procento — na př. 0,01 % — nevyhovujících výrobků. V takových případech nelze použít obvyklých

postupů výběrových zkoušek.

Zprášená zkouška, nikoliv zprášená zkouška, je zprášených podmínek, umožňuje rozhodnout se o přijetí nebo zamítnutí dodávky na základě výsledků několika zkoušek. Na př. smaltovaný drát by se zkoušel na elektrickou pevnost nikoliv při obvyklém provozním napětí, nýbrž při vyšším napětí.

Míra zprášení vyplývá z pravděpodobnostních úvah. Zprášený přejímací postup se hodí zejména tam, kde propuštění nevyhovujícího výrobku by mělo za následek velké škody (na př. v leteckém průmyslu, při nákladních montážích, při přejímce střeliva atd.).

Jako příklad uvádíme, že při přímých přejímacích podmínkách u dodávek výbušného materiálu, vyjádřených přípustným procentem zmetků  $P_1 = 0,01\%$  a nepřípustným procentem zmetků  $P_2 = 0,1\%$  vychází při použití normálního přejímacího postupu přibližně  $n = 3550$  zkoušek s rozhodným číslem  $c = 1$ . Za určitých předpokladů o rozdělení t. zv. kritických hodnot sledované veličiny při zkouškách (na př. výška dopadu nárazníku, při které se rozbuška vznítí), zjistíme, že při zprášené zkoušce je nutno jen  $n = 45$  zkoušek při rozhodném čísle  $c = 28$ .

Přesnost odhadu různých jakostních vlastností u sypkých hmot z nestejně velkých kusů (na př. obsahu popela v uhlí, obsahu chemických prvků v rudách atd.) závisí na správnosti výběrové techniky. Je empiricky známo, že čím je větší hrubý vzorek, tím přesnější je zjištěný odhad sledované vlastnosti. S využitím matematické statistiky lze určit minimální velikost (váhu) hrubého vzorku, aby předem stanovená přesnost odhadu byla zaručena.

Na př. pro uhlí s velikostí kusů průměrně 7,5 mm a s obsahem popela v mezích 7 až 10 % je nutno brát hrubý vzorek alespoň 52 kg, aby skutečný obsah popela ležel v intervalu  $\pm 1\%$  od hodnoty, získané zkouškou se spolehlivostí 0,99.

Teorie uvažuje nejenom chyby, vznikající následkem braní hrubého vzorku, nýbrž také nepřesnosti, vzniklé jeho postupným zmenšováním a chyby analytického rozboru.

Teoretické výsledky v tomto oboru, uplatňované v cizině již řadu let při zkoušení jakosti paliv, byly ověřeny ve VT-VÚTT při zhodnocení slévárenských písků. Z této práce vyplynula nutnost vypracovat normalizované zkušební přístroje a jednotné zkušební předpisy pro zkoušení slévárenských písků, jinak budou chyby, vznikající při zkouškách, převyšovat chyby, vzniklé výběrovým postupem.

#### Literatura

- [1] B. Pardubský: Za socialistickou vědu a techniku (1955), čís. 1.
- [2] MŠT: Směrnice pro statistickou kontrolu jakosti a regulaci výrobních pochodů, SNTL, 1953.
- [3] EMS: Organizace a ekonomika strojírenské výroby. Překlad, Strojrenství díl II, kap. 3, Průmyslové vydavatelství, Praha 1952.
- [4] Sedláček J.: Sovětská věda — Strojrenství (1954), čís. 3.
- [5] Vl. Klega, B. Pardubský, J. Sedláček: Strojrenství (1952), čís. 3.
- [6] A. Žaludová: Strojrenství (1953), čís. 6.
- [7] Vr. Horálek: Strojrenství (1954), čís. 11.
- [8] Výzkumné zprávy, VÚTT-VT. 621 (02.6.330.65)

Седлачек И., Жалудова А.: Конкретные примеры успешного применения методов математической статистики в машиностроении, особенно в техническом контроле.

Статистические методы регуляции. Статистические выборочные процессы приемы. Практические примеры из машиностроительного производства.